

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 1 1 C 13/04

G 1 1 C 13/04

C

G 0 3 H 1/22

G 0 3 H 1/22

1/26

1/26

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平9-540941
 (86) (22) 出願日 平成9年(1997) 5月7日
 (85) 翻訳文提出日 平成10年(1998) 1月8日
 (86) 国際出願番号 PCT/US97/07780
 (87) 国際公開番号 WO97/43669
 (87) 国際公開日 平成9年(1997) 11月20日
 (31) 優先権主張番号 08/644, 810
 (32) 優先日 1996年5月10日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), AU, CA, CN, J P, KR, SG

(71) 出願人 クウォンタム・コーポレーション
 アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア州、ミルピタス、マッカーシー・ブルバード、500
 (72) 発明者 ヘイズ、ナサン、ジェイ
 アメリカ合衆国、94131 カリフォルニア州、サン・フランシスコ、ソー・アベニュー、48
 (72) 発明者 ヘンソン、ジェイムズ・エイ
 アメリカ合衆国、95037 カリフォルニア州、モーガン・ヒル、シカモア・ドライブ、15250
 (74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 体積ホログラフィ記憶媒体のための位置フィードバックシステム

(57) 【要約】

ストアされたホログラムが最大の信号対雑音比 (S N R) で検索できる、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法が開示される。位置フィードバック情報を含む複数のサーボブロックが結晶に記録され、結晶を加熱することにより消去不能とされる。サーボブロックは、波長または角多重化のいずれが適用されるかに応じて、角度または周波数のいずれかの特定の増分で記録され、各々のサーボブロックは5つのパターンのうち1つにより規定される。次にデータページが、位置フィードバック情報を与えるサーボパターンとともに、各々のデータページを後に再構成することを可能にする位置または波長で記録される。データページおよびサーボブロックを記録する方法は従来のやり方に一致する。さらに、記録システムはまた、位置フィードバック情報に回答し参照ビームの参照角度の角位置を調整してクロストークを減少させることにより S N R を最大とし、記憶容量を向上させる構成要素 (たとえばボイスコイルモータ) を含む。

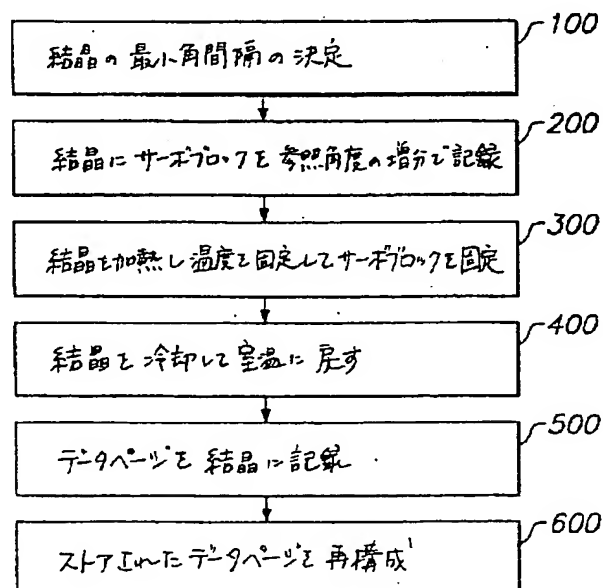


FIG. 2

【特許請求の範囲】

1. 光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法であって、
媒体における像空間内に複数のサーボブロックを記録するステップと、
媒体における像空間内に複数のデータページを記録するステップとを含む、光
屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法。
2. 各々のサーボブロックは、位置フィードバック情報を与え、かつサーボブ
ロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームで媒体を照射して媒体における
電荷の移動を生じさせることにより発生し、各々のサーボブロック参照ビームお
よびサーボブロック物体ビームはサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、
サーボブロック参照角度はサーボブロック参照ビームとサーボブロック物体ビー
ムとの間の角度を規定する、請求項1に記載の方法。
3. 各々のデータページは、データページ参照ビームおよびデータページ物体ビ
ームで媒体を照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する
干渉格子により規定され、各々のデータページ参照ビームおよびデータページ物
体ビームはデータページ参照角度で媒体の面に入射し、データページ参照角度は
データページ参照ビームとデータページ物体ビームとの間の角度を規定する、請
求項1に記載の方法。
4. 複数のサーボブロックを、後続する媒体の照射により消去することのできな
い複数の永久ホログラムに変換するステップをさらに含む、請求項1に記載の方
法。
5. 複数のサーボブロックを変換するステップはさらに媒体を加熱するステップ
を含む、請求項4に記載の方法。
6. サーボブロックは、実質的に他のデータページからのクロストークなしでデ
ータページの1つを再構成するための手段を与える、請求項1に記載の方法。
7. 各々のサーボブロックは媒体における像空間の周縁に位置する、請求項1に
記載の方法。
8. サーボブロック物体ビームおよびサーボブロック参照ビームは、コヒーレン
トな単色性の光源で発生される、請求項2に記載の方法。
9. データページ物体ビームおよびデータページ参照ビームは、コヒーレントな

単色性の光源で発生される、請求項3に記載の方法。

10. 各々のサーボブロック参照角度は、媒体の最小角間隔のおよそ2分の1だけ離れている、請求項2に記載の方法。

11. 各々のデータページ参照角度は、媒体の最小角間隔だけ離れている、請求項3に記載の方法。

12. 媒体の複数の像空間の各々内に像空間識別子を記録するステップをさらに含み、各々の識別子は各像空間を区別するための手段を与える、請求項1に記載の方法。

13. 像空間識別子を後続の媒体の照射により消去できない永久ホログラムに変換するステップをさらに含む、請求項12に記載の方法。

14. 光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法であって、

媒体に第1のサーボブロックを記録するステップを含み、第1のサーボブロックは第1の干渉格子により規定され、第1の格子は媒体を第1の参照ビームおよび第1の物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第1のサーボブロック参照ビームおよび第1のサーボブロック物体ビームは第1のサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、第1のサーボブロック参照角度は第1のサーボブロック参照ビームと第1のサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第2のサーボブロックを媒体に記録するステップを含み、第2のサーボブロックは第2の干渉格子により規定され、第2の格子は媒体を第2の参照ビームおよび第2の物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第2のサーボブロック参照ビームおよび第2のサーボブロック物体ビームは第2のサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、第2のサーボブロック参照角度は第2のサーボブロック参照ビームと第2のサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第3のサーボブロックを媒体に記録するステップを含み、第3のサーボブロックは第3の干渉格子により規定され、第3の格子は媒体を第3の参照ビームおよび第3の物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第3のサーボブロック参照ビームおよび第3のサーボブロック物体ビー

ムは第3のサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、第3のサーボブロック参照角度は第3のサーボブロック参照ビームと第3のサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第4のサーボブロックを媒体に記録するステップを含み、第4のサーボブロックは第4の干渉格子により規定され、第4の格子は媒体を第4の参照ビームおよび第4の物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第4のサーボブロック参照ビームおよび第4のサーボブロック物体ビームは第4のサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、第4のサーボブロック参照角度は第4のサーボブロック参照ビームと第4のサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第5のサーボブロックを媒体に記録するステップを含み、第5のサーボブロックは第1の干渉格子により規定され、第5のサーボブロックは媒体を第5の参照ビームおよび第5の物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第5のサーボブロック参照ビームおよび第5のサーボブロック物体ビームは第5のサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、第5のサーボブロック参照角度は第5のサーボブロック参照ビームと第5のサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第1のデータページを媒体に記録するステップを含み、第1のデータページは第1のデータページ干渉格子により規定され、第1のデータページ格子は媒体を第1のデータページ参照ビームおよび第1のデータページ物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第1のデータページ参照ビームおよび第1のデータページ物体ビームは第1のデータページ参照角度で媒体の面に入射し、第1のデータページ参照角度は第1のデータページ参照ビームと第1のデータページ物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第2のデータページを媒体に記録するステップを含み、第2のデータページは第2のデータページ干渉格子により規定され、第2のデータページ格子は媒体を第2のデータページ参照ビームおよび第2のデータページ物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第2のデータページ参

照ビームおよび第2のデータページ物体ビームは第2のデータページ参照角度で媒体の面に入射し、第2のデータページ参照角度は第2のデータページ参照ビームと第2のデータページ物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラフィ記録の方法はさらに、

第3のデータページを媒体に記録するステップを含み、第3のデータページは第3のデータページ干渉格子により規定され、第3のデータページ格子は媒体を第3のデータページ参照ビームおよび第3のデータページ物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生し、第3のデータページ参照ビームおよび第3のデータページ物体ビームは第3のデータページ参照角度で媒体の面に入射し、第3のデータページ参照角度は第3のデータページ参照ビームと第3のデータページ物体ビームとの間の角度を規定する、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法。

15. 各々のサーボブロックを、後続の照射により消去することができないホログラムに変換するステップをさらに含む、請求項14に記載の方法。

16. 第2および第3のサーボブロックは第1のデータページの再構成中に位置フィードバック情報を与える、請求項14に記載の方法。

17. 第4および第5のサーボブロックは第2のデータページの再構成中に位置フィードバック情報を与える、請求項14に記載の方法。

18. 各々のサーボブロックは5つのパターンのうち1つにより規定される、請求項14に記載の方法。

19. 5つのパターンの各々は像空間の周縁あたりに記録される、請求項18に記載の方法。

20. 5つのパターンの各々は5つのスポットの配置により規定される、請求項18に記載の方法。

21. 参照ビーム、物体ビーム、データページ参照ビーム、およびデータページ物体ビームの各々は同じ波長で伝播する、請求項14に記載の方法。

22. 隣接するデータページは、結晶の最小角間隔の角間隔で記録される、請求項14に記載の方法。

23. 隣接するサーボブロックは、最小角間隔のおよそ2分の1の角増分で記録

される、請求項14に記載の方法。

24. 光屈折性媒体における像空間内に記録されたホログラムを検索するための方法であって、

複数のサーボブロックを媒体における像空間内に記録するステップを含み、各々のサーボブロックは、位置フィードバック情報を含み、かつ媒体をサーボブロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のサーボブロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームはサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、サーボブロック参照角度はサーボブロック参照ビームとサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラムを検索するための方法はさらに、

複数のサーボブロックの各々を、後続の照射により消去することのできない、媒体における空間的に変化する屈折率の永久的なパターンに変換するステップと

複数のデータページを媒体における像空間内に記録するステップとを含み、各々のデータページはデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームで媒体を照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームはデータページ参照角度で媒体の面に入射し、データページ参照角度はデータページ参照ビームとデータページ物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラムを検索するための方法はさらに、

データページ参照ビームを参照角度で媒体の面に伝播させることにより、データページの1つおよび位置フィードバック情報を検出器アレイにおいて再構成するステップと、

位置フィードバック情報に応答してデータページ参照角度を調整するステップとを含む、ホログラムを検索するための方法。

25. 光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法であって、

複数のサーボブロックを媒体における像空間内に記録するステップを含み、各々のサーボブロックは、位置フィードバック情報を与え、かつサーボブロック参

照ビームおよびサーボブロック物体ビームで媒体を照射して媒体における電荷の

移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のサーボブロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームは媒体の面に入射しかつサーボブロック参照波長により規定され、ホログラフィ記録の方法はさらに、

複数のデータページを媒体における像空間内に記録するステップを含み、各々のデータページは、媒体をデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームは媒体の面に入射しかつデータページ参照波長により規定される、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法。

26. 各々のサーボブロック参照ビームと各々のサーボブロック物体ビームとの間で規定されるサーボブロック参照角度は固定されたままである、請求項24に記載の方法。

27. 各々のデータページ参照ビームと各々のデータページ物体ビームとの間で規定されるデータページ参照角度は固定されたままである、請求項24に記載の方法。

28. 光屈折性媒体における像空間内に位置フィードバック情報とともに記録されたホログラムを検索するための装置であって、

光のビームを発生するための手段と、

光のビームを物体ビームと参照ビームとに分割するための手段と、

物体ビームを変調するための空間光変調器と、

媒体の面に入射する物体ビームおよび参照ビームを両ビーム間の参照角度で導くための光学手段と、

光信号を電気信号に変換するための検出器アレイと、

位置フィードバック情報を受取り位置フィードバック情報に応答して参照角度を調整するための手段とを含む、ホログラムを検索するための装置。

29. 光屈折性媒体における複数の像空間内に記録されたホログラムを検索するための方法であって、

媒体における像空間内に複数のサーボブロックを記録するステップを含み、各々のサーボブロックは、位置フィードバック情報を含み、かつ媒体をサーボブ

ロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームで照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のサーボブロック参照ビームおよびサーボブロック物体ビームはサーボブロック参照角度で媒体の面に入射し、サーボブロック参照角度はサーボブロック参照ビームとサーボブロック物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラムを検索するための方法はさらに、

複数のサーボブロックの各々を、後続の照射によって消去することのできない、媒体における空間的に変化する屈折率の永久的なパターンに変換するステップと、

像空間の各々内に像空間識別子を記録するステップとを含み、各々の識別子は各々の像空間を区別するための手段を与え、ホログラムを検索するための方法はさらに、

媒体における像空間内に複数のデータページを記録するステップを含み、各々のデータページはデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームで媒体を照射して媒体における電荷の移動を生じさせることにより発生する干渉格子により規定され、各々のデータページ参照ビームおよびデータページ物体ビームはデータページ参照角度で媒体の面に入射し、データページ参照角度はデータページ参照ビームとデータページ物体ビームとの間の角度を規定し、ホログラムを検索するための方法はさらに、

データページ参照ビームを参照角度で媒体の面に伝播させることにより、像空間からのデータページの1つおよび位置フィードバック情報を検出器アレイで再構成するステップと、

位置フィードバック情報に応答してデータページ参照角度を調整するステップとを含む、ホログラムを検索するための方法。

【発明の詳細な説明】

体積ホログラフィ記憶媒体のための位置フィードバックシステム

発明の分野

本発明はホログラフィ記憶システムおよび方法の分野に関する。より特定的には、本発明は位置フィードバック情報を有する永久ホログラムを含むホログラムの形式の光屈折性媒体に、データを記録し、かつこの媒体からデータを再構成するための方法に関する。

発明の背景

大デジタル記憶容量、高速データ転送速度および短いアクセスタイムに対する、光屈折性媒体における体積ホログラフィ記憶の可能性について、長年にわたり検討が行なわれている。昨今の、材料およびホログラフィ記憶構成要素の開発により、テラバイトの大きさのデータ記憶容量、秒速1ギガバイトを上回る転送速度、および100マイクロ秒未満のランダムアクセスタイムへの期待が実現に近づきつつある。

光屈折性材料は、その屈折率が光により誘起されて変化するという特性を有する。ホログラフィ記憶は、像を有する光ビームおよび参照ビームを光屈折性媒体に伝播させ記録することにより行なうことができる。結果として得られる光干渉パターンにより、媒体の体積全体にわたり空間屈折率が変調される。LiNbO₃（ニオブ酸リチウム）などの光屈折性媒体においては、光励起電子の移動および捕獲により発生する内部電界の結果として、電気光学効果により空間屈折率の格子が発生する。媒体を、屈折率格子を発生させるのに用いた参照ビームと同一のビームを用いて照射すると、このビームは元の像を有する波面を再生するように回折する。

図1に示した典型的なホログラフィ記憶システムでは、光源11から投射されるコヒーレントな単色性のビームは、ビームスプリッタ12により物体ビーム24と参照ビーム22とに分割される。物体ビーム24は、空間光変調器（SLM）14を用いて光信号に変換される。物体ビーム24および参照ビーム22は、縮小オプティクス16および17を通り、光屈折性結晶18に収束してこの結晶を照射し、屈折率格子の形式で記録される、結晶18において体積に分布する干

渉パターン、さもなければホログラムとして知られているものを発生する。記録

されたホログラムは、同一の参照ビーム 22 を用いて結晶 18 を照射し、回折した光信号を、光信号を電気信号に戻すように変換する検出器アレイ 19 に撮像することによって再生できる。

各々がデータページに対応する複数のホログラムを、たとえば角、波長などの種々の形式の多重化を用いて結晶 18 に書込みおよびストアできる。角多重化を用いると、各々のホログラムは異なる角度で入射する参照ビームで書込まれる。この角度は結晶の物理的ジオメトリおよび材料次第で変化する。典型的には、角度は約 50 マイクロラジアンのおおきさずつ異なる。この角度は、物体から参照への角度を一定に保つ一方で結晶 18 を機械的に移動させることにより、または縮小オプティクス 16 および 17 を用いて参照ビームの角度を操作して結晶に対する参照ビームの入射角を変化させることにより、変えることができる。波長多重化では、各々のホログラムは、各データページに対する光源の波長を変化させる一方で、参照ビームをある角度で固定して発生される。

ホログラフィ記録の潜在的な利点を阻害するある制限は、記録されたホログラムの準安定（非永続）の性質である。一般的には記録の「スタック」と称されている、同じ結晶の体積に、ホログラムが順次的であるが時間的空間的に同一の広がりをもって記録されるとき、以降記録されるホログラムは、先に書込まれたホログラムの回折効率を非均一的に減じさせる傾向がある。したがって、「書込み」プロセスは、多数の書込みサイクルにわたり先に記録されたホログラムの強度を部分的に減じさせて、以前に記録された近隣のホログラムを破壊する。同様に、ある領域を参照ビームの照射に晒すという「読出し」プロセスにより、記録されたホログラムを構成している電荷の再分配が生じる。これがより永続的なホログラムの固定および開発のための技術の開発に繋がっている。たとえば、電子電荷パターンにより発生するホログラムを、結晶を加熱して、結晶における空間電荷変化を相殺するイオンの再分配が生じるようにして永久的にすることができる。その後結晶は冷却され、イオンを捕獲し永久イオン格子を形成して屈折率の変化をもたらされる。

ホログラフィ記録の潜在的な応用を阻害する他の制限は、結晶の情報密度および記憶容量を制限する、ホログラム検索中のクロストークである。読出しのブラ

ッグ選択性のため、ストアされた像またはデータページは、記録のスタックの他の頁から独立して再生できる。上記のように、像を記録するのに用いたのと同じ参照波長で媒体を照射することにより、検索を行なうことができる。しかしながら、ブラッグ選択性により特定の参照波長に関連する像は確実に最高の効率で再構成されるが、ブラッグの不整合により、他のストアされた像はそれより低い効率で歪みを伴って再構成されることがあり得る。この形式のクロストークを避けるため、ホログラム間の角または波長分離は正確に、ブラッグの整合条件に関連する sinc 関数の 0 に対応しなければならない。理想的な角度からずれている場合、信号対雑音比 (SNR) が悪化する。その結果、像の最大解像度またはシステムの記憶容量いずれかが減じられることになる。

多数の方策はこの容量の制限を克服しようと試みている。しかしながら、データページ検索中に閉ループ位置フィードバックシステムを利用して、クロストークの低減および正確な角度の位置決めにより記録された信号の SNR を最大にするようにしたものはない。さらに、同じ記録領域内で永久および準安定ホログラムを組合せた閉ループ位置フィードバックシステムを利用するものはない。以上のように、クロストークを減少させることにより記録された信号の SNR を最大にするための位置フィードバックシステムを与え、かつ角および波長多重化双方に応用可能な、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法が求められているが未だに得られていない。

発明の概要および目的

本発明の包括的な目的は、先行技術の制限および欠点を克服する、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法を提供することである。

具体的に、本発明の目的は、クロストークを減少させることにより記録された信号の SNR を最大にする位置フィードバックシステムを備える光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法を提供することである。

本発明の他の目的は、位置フィードバックシステムが角多重化および波長多重

化双方に応用できる、光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法を提供することである。

本発明のさらに他の目的は、永久および準安定ホログラムを組合せることにより位置フィードバックシステムを備える光屈折性媒体にホログラフィ記録を行なう方法を提供することである。

本発明の原理に従うと、ホログラフィ記録方法では第1に、 LiNbO_3 結晶などの光屈折性媒体に複数のサーボブロックを記録する。各々のサーボブロックは5つのスポットパターンにより規定される。サーボブロックは、結晶の同じ領域に、物体および参照ビームで結晶を同時に照射することによって発生する。参照ビームによる、結晶の面に対する入射角が、参照角度を定める。サーボブロックは、結晶にストアされたデータページの再構成中の位置フィードバックをもたらし、データページを最大のSNRで再構成することができる。サーボブロックはさらに、結晶の物理的寸法により定められる、結晶の最小角分離の2分の1の参照角度増分で記録される。サーボブロックは次に、当業者に周知の方法、たとえば結晶を加熱することにより、消去不能にされる（固定される）。5つのスポットの各々が、ホログラムの検索中位置フィードバック情報がデータページとともに検索できるように、データページと同じ像の空間に記録される。

データページは次に同じ態様で、すなわち結晶を、像を有する物体ビームおよび参照ビームを用いて同時に照射することにより、結晶の同じ像空間に記録される。データページは、結晶の最小角間隔の参照角度増分で記録される。データページの検索中、サーボブロックからの位置フィードバック情報が、たとえばボイスコイルモータといったレフレクタポジションナに伝えられる。ポジションナは、反射鏡の角度的位置を回転により調整し、参照ビームの参照角度を微調整して、クロストークを減少させることにより記録された信号のSNRを最大にする。

図面の簡単な説明

図1は、光屈折性結晶を用いた先行技術による典型的なホログラフィ記録システムの概略図である。

図2は、本発明に従うホログラフィ記録方法を達成するためのステップのフロ

一の図である。

図 3 は、本発明の原理に従うホログラフィ記録方法のための位置フィードバックを提供するためのサーボブロックのある実施例を示す。

図 4 a - 4 e は、本発明の原理に従う、図 3 のサーボブロックの 5 つのパターンを示す。

図 5 は、参照ビームの入射角の関数としてデータページの振幅を示す図である。

図 6 は、参照ビームの入射角の関数としてサーボブロックの振幅を示す図である。

図 7 は、入射角の関数として図 6 の位置関数の相違を示す図である。

図 8 は、参照ビームの入射角の関数として線形化された位置決め関数を示す図である。

図 9 は、参照ビームの入射角の角度の関数としてサーボブロック sinc 像強度を示す。

図 10 は、本発明に従う、ホログラムの記録および再構成のためのホログラフィ記録システムの概略図である。

好ましい実施例の詳細な説明

図 2 は、本発明に従うホログラフィ記録の方法を達成するためのステップのフロー図を示している。このステップは、結晶の最小角間隔の決定 100、結晶にサーボブロックを記録すること 200、結晶を加熱してサーボブロックを固定すること 300、結晶を室温に冷却すること 400、結晶にデータページを記録すること 500、および記録されたデータページを再構成すること 600 を含む。

何らかのホログラムの記録に先立って行なわれる第 1 のステップ 100 は、クロストークが最小になるように、光屈折性結晶に別個のホログラフィ記録を定めるのに必要な最小角間隔を決定することである。最小角間隔を決定するための等式を導く際の詳細は、当業者には周知である。具体的には、その詳細は、本発明に引用により援用する、1995 年 8 月のオプティカルエンジニアリング (Optical Engineering) 第 34 巻第 8 号の、ジョン H. ホン (John H. Hong) 他によ

る、「体積ホログラフィメモリシステム：技術およびアーキテクチャ (Volume holographic memory systems: techniques and architectures)」と題された文献において論じられ説明されている。ホン他は、以下の等式により最小角間隔 θ を規定している。

$$\theta = \lambda \cos \theta_o / nL \sin (\theta_r + \theta_o) \quad \cdots (1)$$

式中、 λ = 信号の波長、 n = 結晶の屈折率、 L = 結晶の厚み、 θ_r = z 軸に関する

る参照ビームの入射角、および θ_o = z 軸に関する物体ビームの入射角である。

θ_r は、縮小オプティクスおよび結晶のジオメトリに基づいて決定される。図4に示される、 $\theta_o = 0$ および θ_r がおよそ 33 度である実施例に等式 (1) を適用すると、等式 (1) は以下に変形される。

$$\theta = 1.88 \lambda / nL \quad \cdots (2)$$

最小角間隔が決定されると、当業者に周知である従来の態様でサーボブロックを記録することができる。サーボブロックは、図10に示す好ましいホログラフィ記録システム30を用いて記録される。システム30は、信号生成光源31、信号43を物体ビーム44と参照ビーム42とに分割するビームスプリッタ32、参照角度 θ_r を変化させるための2つの自由度を有する回転可能反射鏡33、反射鏡35、物体ビーム44を変調することにより電気信号を光信号に変換するためのSLM34、縮小レンズ36および37、ホログラムを記録するための光屈折性結晶38、検出器アレイ39、ならびにアレイ39により検出された位置フィードバック情報に応答して反射鏡33を回転させるためのボイスコイルモータ (VCM) 41を含む。SLM34は、およそ 1.0" × 0.8" の観察領域を有しており、物体ビームを変調するためのおよそ 640 × 480 のピクセル領域を与えている。検出器アレイ39は、およそ 0.5" × 0.4" の観察領域を有し、ほぼ 1134 × 486 のピクセル領域を与えるたとえば電荷結合素子 (CCD) といった当業者に周知のいかなるものでもよい。結晶38は Fe-LiNbO₃ でディスク形状であり、厚みおよび直径がおよそ 2 mm および 70 mm である。

従来のホログラフィ記録の慣例に従って、各々のサーボパターンは、ある特定

的な参照角度で、サーボパターンを有する物体ビーム44を参照ビーム42とともに照射して、結晶38に干渉格子を形成することにより、結晶38に記録される。

ある好ましい実施例では、各々のサーボブロックは図3にA、B、C、DおよびEで示される5つのスポットパターンにより規定される。5つのスポット各々の強度およびそれらの組合せが、参照ビームの角位置を示しており、位置フィードバック情報を与える。図3の実施例に示されるように、5つのスポットはデー

タ領域の外周に位置しており、データ領域は図3では対称の四辺領域として表わされている。この実施例では、スポットは図示のように、5つのサーボブロックの各々を規定するスポットの対間の距離を最大にし、検索可能なデータ領域の量を最適化するように配置される。図3のサーボブロックは、x軸という1つの自由軸を有する参照ビームとともに示されており、強調してAx、Bx、Cx、DxおよびExで表わされている。Y軸で定められる参照ビームは、Ay、By、Cy、DyおよびEyで強調して示されるであろう。当業者であれば、他の配置、スポット位置およびスポットの数を含め、5つのパターンの他の変形を用い得ることを理解するであろう。

1つの自由軸x軸に対するサーボブロックは、図4a-4eに示されるように、5つのパターン、A-B、B-C、C-D、D-EおよびE-Aにより定められる。各々のパターンは、5つのスポットの変形を定める。たとえば、パターンA-Bは影を付けられたスポットAおよびBにより定められ、パターンB-Cは影を付けられたBおよびCにより定められ、パターンC-Dは影をつけられたスポットCおよびDにより定められ、パターンD-Eは影をつけられたスポットDおよびEにより定められ、パターンE-Aは影をつけられたスポットEおよびAにより定められる。影をつけたスポットは増強された像を表わし、影をつけないスポットは増強されていない像を示す。各々のサーボブロックパターンは、パターン1を -0.75θ で記録することから始め、パターン2は -0.25θ でというふうに、 0.5θ の増分で記録される。本明細書中以下で説明するように、図4a-4eに示したサーボブロックの各々は、フィードバック情報を与え

、最大の S N R で各データページを検索することを可能にする。

図 6 は、サーボブロックの 5 つのスポット (A、B、C、D、E) の $\sin c$ 関数を、入射角すなわち参照角度 θ の関数としてグラフで表わしたものである。このように、参照ビームが角度範囲を通して示されている場合、各々のサーボブロックにおける 5 つのスポット各々の強度は図 9 に示すように変化する。図 9 に示されるように、各々の縦の帯 B 1、B 2 他は、入射角の関数としての各々のスポットの強度に対応する。さらに、各々の入射角は、サーボブロックの「スナップショット」すなわち 5 つのスポット各々の相対強度をもたらす。たとえば、0.

2 5 θ の入射角では、スポット C の強度が最大であり、一方スポット B および D はより強度の小さな像を示すであろう。

光屈折性媒体に記録される何らかのその他の準安定ホログラムのように、サーボブロックは、結晶に記録されると、以降に行なわれる照射により、時間が経つにつれて消去されるであろう。以降の照射によって消去可能とならないようにするためにサーボブロックを「固定」するには、ステップ 3 0 0 で示される従来の方法に従い、結晶 3 8 が加熱される。典型的には、F e - L i N b O₃ 結晶がおよそ 1 5 0 - 2 0 0 C に加熱され、結晶の寸法に依存する期間、イオンは移動性になる。

結晶 3 8 の冷却は、結晶を熱源から迅速に除去し、周囲温度まで空冷することによって行なわれる (ステップ 4 0 0 で示される)。冷却速度は一般的には結晶の熱衝撃耐性に依存する。準安定ホログラムを「固定する」プロセスは、当業者には周知である。しかしながら、本発明の発明者は、同じ記録領域で永久および準安定ホログラムを組合せるホログラフィ記録方法は当技術分野では未知のものであり、本発明を区別する特徴の 1 つとなるものであると考えている。

なお、媒体にサーボブロックを書込んでいる間、検出器アレイは角度フィードバックメカニズムとしては有用性がない。なぜなら、媒体には何らかの基準符号化がないからである。ディスクドライブサーボ書込と同様に、正確度の高い測定システムを用いて、ビーム誘導装置の符号器により、または何らかの他の方法で

物体および参照ビーム双方を観察することにより、角度 θ を決定できる。

当業者ならば理解するように、サーボブロックに加え、同じ像空間内に像空間識別子を記録して、さらなる位置フィードバック情報をもたらすようにできる。各識別子は独自のものであり、各像空間を他の像空間と区別することを可能にするものである。本明細書でサーボブロックについて述べた技術を用いて、識別子をサーボブロックまたはデータページと同時に記録することができる。さらに、本明細書で先に述べた従来の方法を用いて、識別子を固定することもできる。

ステップ500で示されるように、次にデータページが、サーボブロックの記録について上記したのと同じ従来の態様で、結晶38の同じ像空間に記録される。好ましい実施例では、各データページは、0で始まる θ という参照角度の増分で

記録される。したがって、図5は、入射角の関数として3つの記録されたデータページD1、D2およびD3の振幅を表わしている。図5および6について同時に検討すると、サーボブロックスポットBおよびCはデータページD1に対する公称位置フィードバック情報を与え、サーボブロックスポットDおよびEはデータページD2に対する公称位置フィードバック情報を与え、サーボブロックスポットAおよびBはデータページD3に対する公称位置フィードバック情報を与えることがわかる。たとえば、 $\theta = 0$ では、スポットBおよびCはおよそ0.8という正規化パワーで等しく増強され、スポットAおよびDはおよそ0.1という正規化パワーで等しく増強されており、これは図4bのサーボパターンB-Cで表わされている。隣接するサーボパターンの関係は、入射角の関数として位置決め関数の相違を示す図7で最もよく示される。関数A-BはサーボブロックAおよびBの sinc 関数における相違を表わし、関数B-CはサーボブロックBおよびCの sinc 関数の相違を表わし、以降同様に続く。

図7および8に示されるように、いくつかの位置決め関数は各々の「データページ中心」すなわちデータページがその最高の強度を示す参照角度に存在する。しかしながら、各データページ中心での最も線形的な位置決め関数は、そのデータページに対する最も信頼性の高い位置フィードバック情報を与えるだろう。図

8は入射角 θ の関数として線形化された位置決め関数を表わしている。したがって、 -0.25θ と 0.25θ の間では、サーボパターン2および3はデータページ1に対するフィードバック情報を与え、 0.75θ と 1.25θ の間ではサーボパターン4および5はデータページ2に対する位置フィードバックを与え、以降同様である。各位置決め関数の線形化された部分を利用することにより、本発明はデータページが正確な態様で追跡されることを可能にする。なお、この実施例では、サーボブロックは 0.5θ の増分で記録され、その結果、線形化された位置決め関数の範囲は 0.5θ となる。当業者ならば、サーボブロックを他の増分で記録することができ、それでもなお最大のSNRでデータページを検索できることを理解するであろう。しかしながら、増分が 0.5θ 未満では、線形化された位置決め関数の範囲は減少する(図8参照)。さらに、増分が 0.5θ を上回れば、この範囲は増大するが非線形的な部分を含むことになるであろう。

参照角度 θ_r は2つの自由度を有する。すなわち、 θ_r は、各々の方向での各々の増分が同じ像空間内での異なるホログラムに対応するx方向およびy方向に示すことができることを指摘しておかねばならない。したがって本明細書で先に述べたように、y方向に示された参照角度に対応するサーボブロックパターンを、図3に示される像空間の周囲の垂直の端部に沿い記録することができる。最小角間隔 θ が決定されると、書込プロセスが開始され、サーボブロックを書込む順序は制約を受けない。ここで重要な特徴は、隣接するサーボブロックはほぼ同じ効率で露出され、 0.5θ の増分で正確に間隔が空けられることである。

図1に示すシステム10に対するある改良点として、本発明では上記の位置フィードバック情報を取り入れて、参照角度を微調整してクロストークを減少させることにより、記録された信号のSNRを最大にする。

データページを再構成する際に(ステップ600に示す)、参照ビームは結晶をある特定の参照角度で照射する。参照角度次第で、データページの部分的な像およびサーボパターンが検出器アレイ39で発生する。たとえば、参照ビームを結晶に入射角 0.75θ で伝播させると、クロストークを示す参照角度0および θ (図5に示す)で記録されたデータページの部分的な像、ならびにサーボパ

ターン3、4および5（図6に示す）の形式のフィードバック情報が再構成される。図8に従うと、位置決め関数3-4または4-5のいずれかを用いて、データページD1またはD2それぞれを検索できる。位置フィードバック情報がボイスコイルモータ（VCM）41に伝送されると、VCMは反射鏡33を回転させて参照角度を調整する。結果として、再構成されたデータページが最大の回折効率および強度に達すると、SNRが最大になりクロストークが最小になる。その代わりとして、入射角 1.0θ で結晶を照射する参照ビームは、データページD2を最大のSNRおよび最小のクロストーク（図5に示す）で再構成し、かつサーボパターン1、3、4および5を再構成する。図9に示すように、サーボパターン1および3は同じ強度を示し、サーボパターン4および5も同じ強度を示すであろう。

当業者ならばまた、位置フィードバック情報に応答して参照ビームの入射角を調整するために、他の手段を応用することができることを理解するであろう。た

例えば、ボイスコイルモータまたはステッパモータで結晶を回転させて入射角を調整できる。

本発明の原理に従うと、サーボブロックもまた波長多重化に応用可能である。この応用は角多重化について先に述べたものと同様である。具体的には、最小波長間隔が決定されると、サーボブロックは $\omega/2$ の間隔で記録され、データページは ω の間隔で記録される。最小波長間隔を決定することについての詳細は当業者には周知である。たとえば、「体積ホログラフィメモリシステム：技術およびアーキテクチャ」と題されたホン他の文献では、最小周波数間隔を以下とすることを開示している。

$$[2\pi\Delta v / (c/n)] (1 + \cos\theta_r)$$

式中、 v ＝光学的振動数、 θ_r ＝参照角度、および n ＝結晶の屈折率である。さらに、多重化の各タイプすなわち角度および波長多重化に対し別個のサーボブロックを記録しなければならない。角および波長多重化の双方は別々にまたは組合せて用いることができる。

当業者には以下の請求項でより具体的に示された範囲を有する本発明の精神が

ら逸脱することなく、多くの変形および修正形が、好ましい実施例についての上記の説明について検討することにより容易に明らかになるであろう。本明細書における説明および開示は単に例示に過ぎず、以下の請求項でより具体的に示された本発明の範囲を制限するものと解釈されるべきではない。

【図 1】

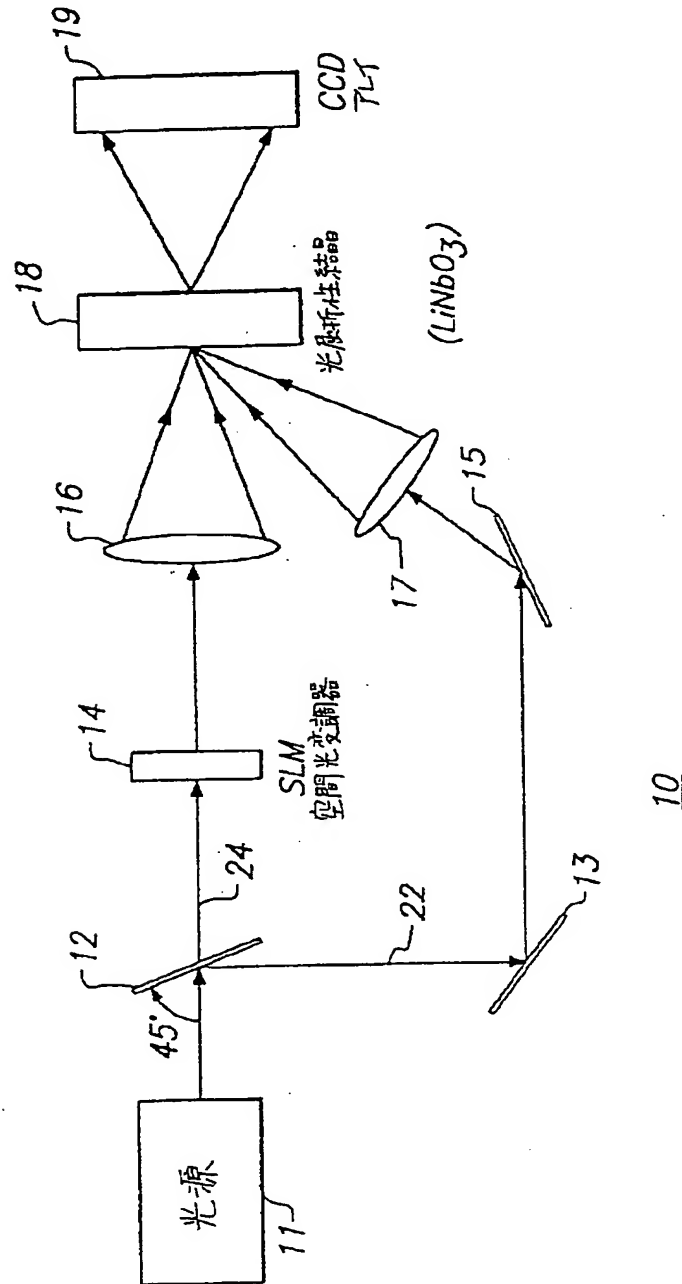


FIG. 1
PRIOR ART

【図2】

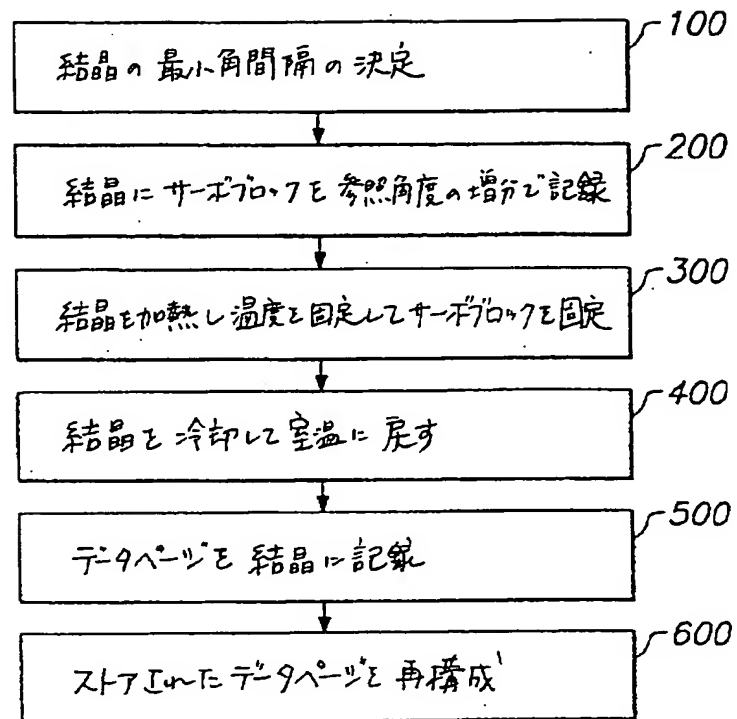


FIG. 2

【図 3】

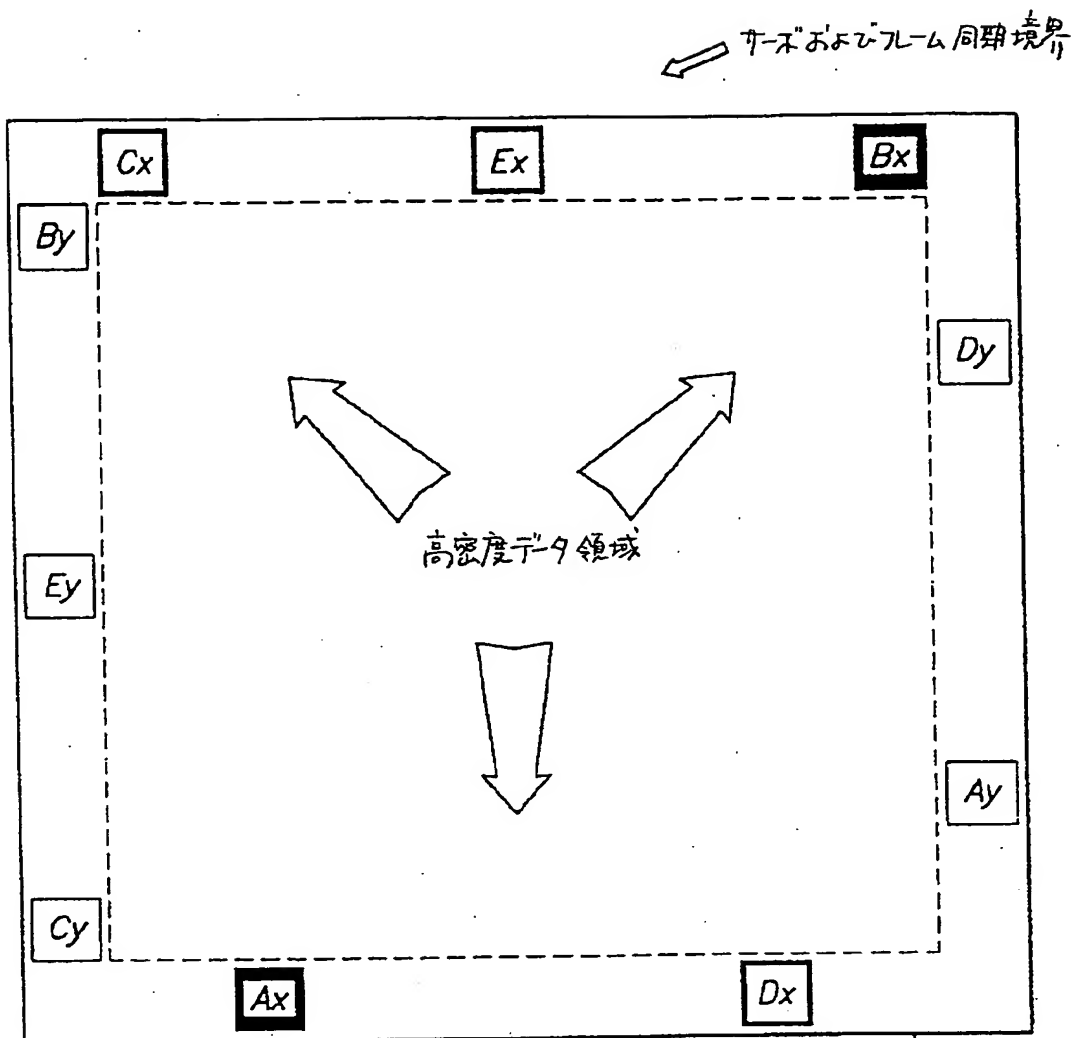
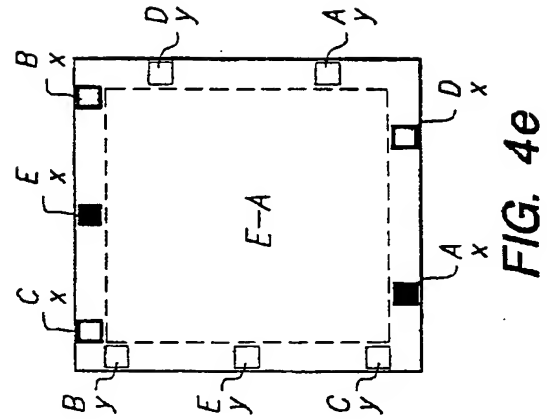
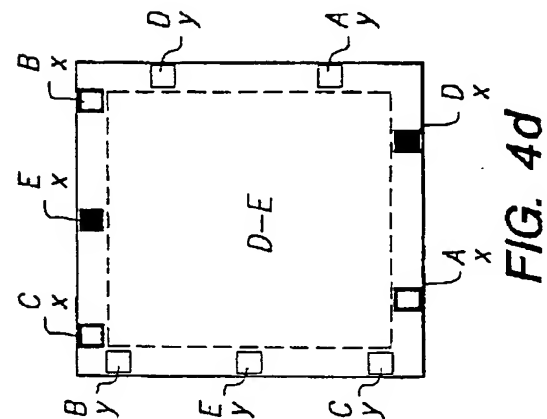
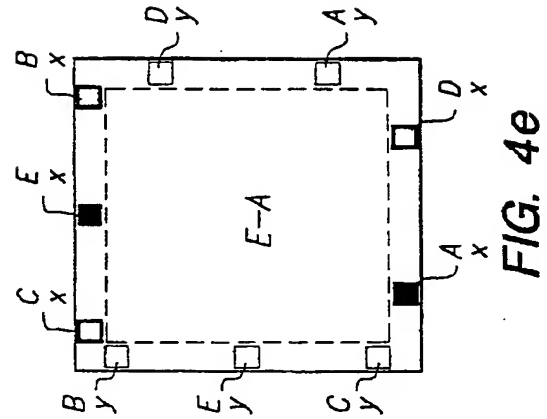
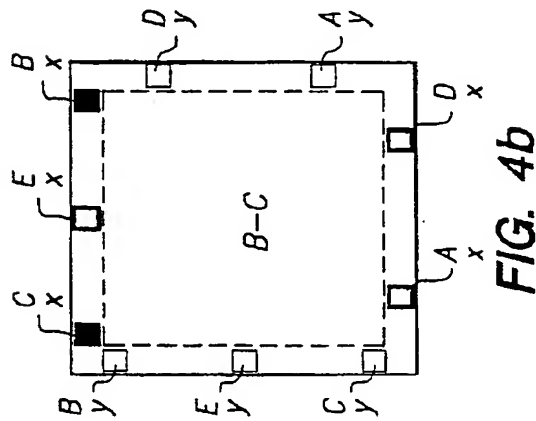
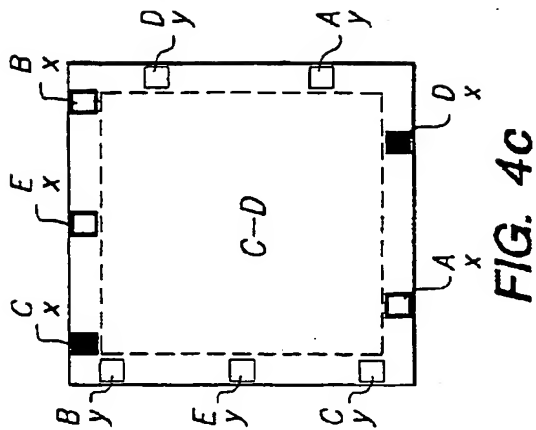


FIG. 3

[図4]



【図 5】

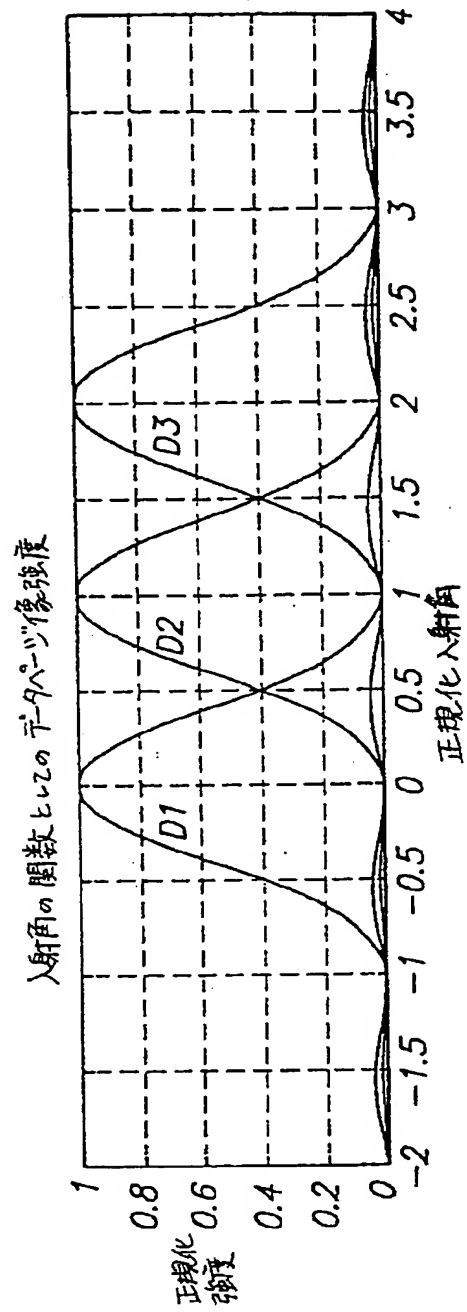


FIG. 5

【図6】

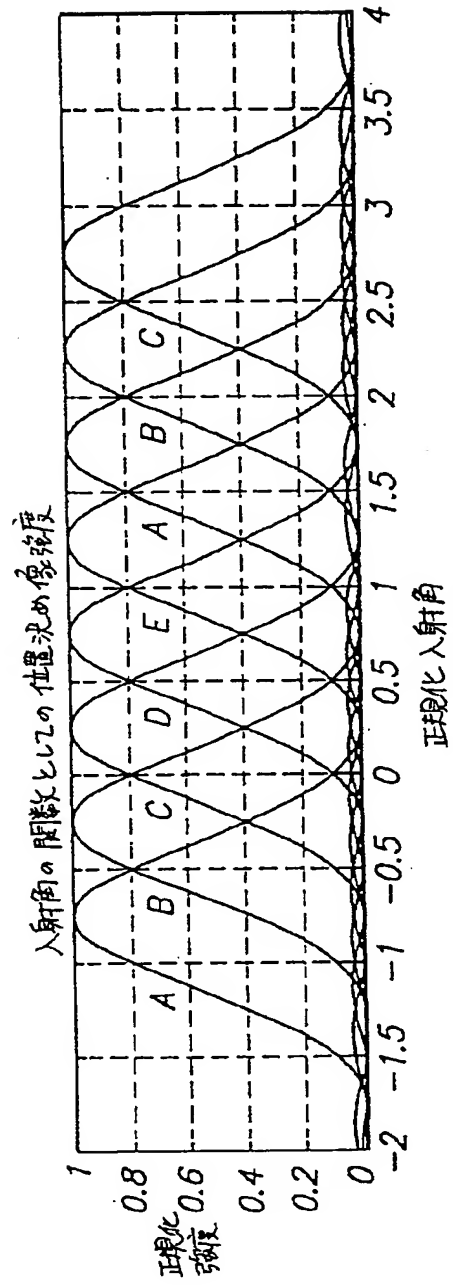


FIG. 6

【図7】

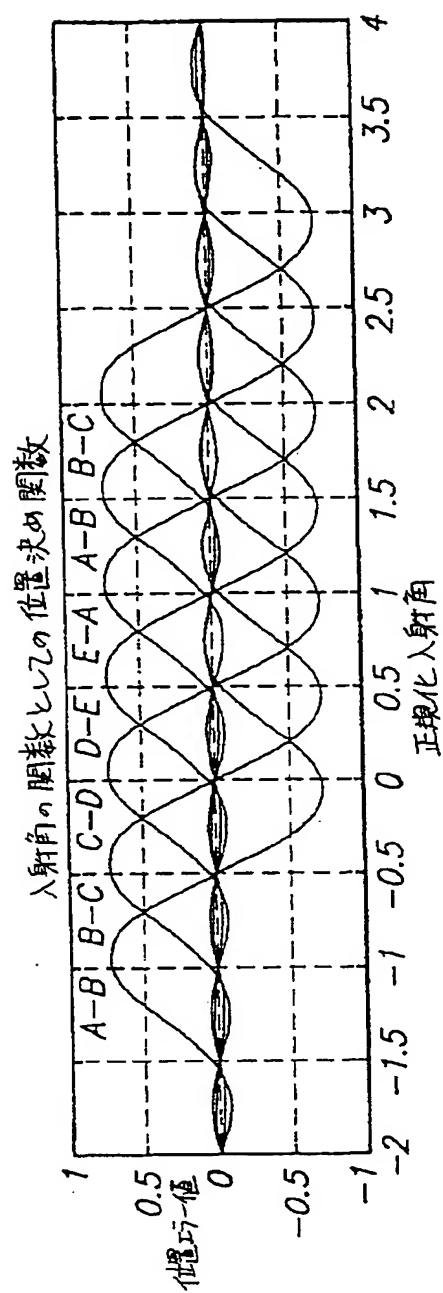
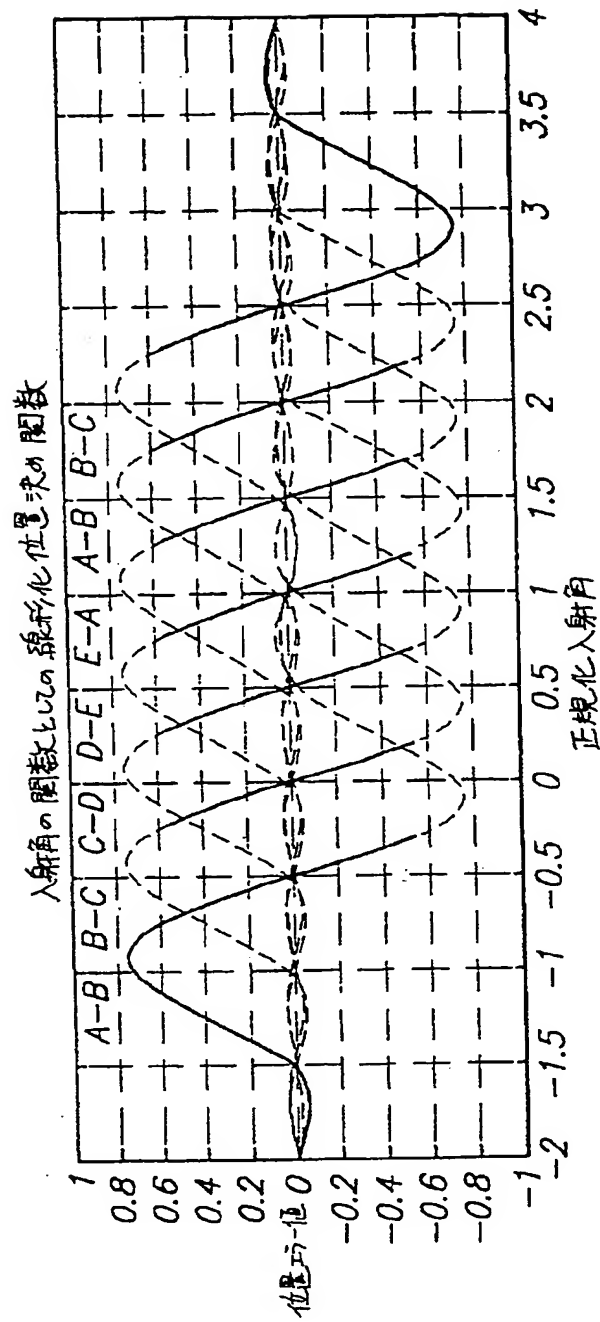


FIG. 7

【図 8】



【図9】

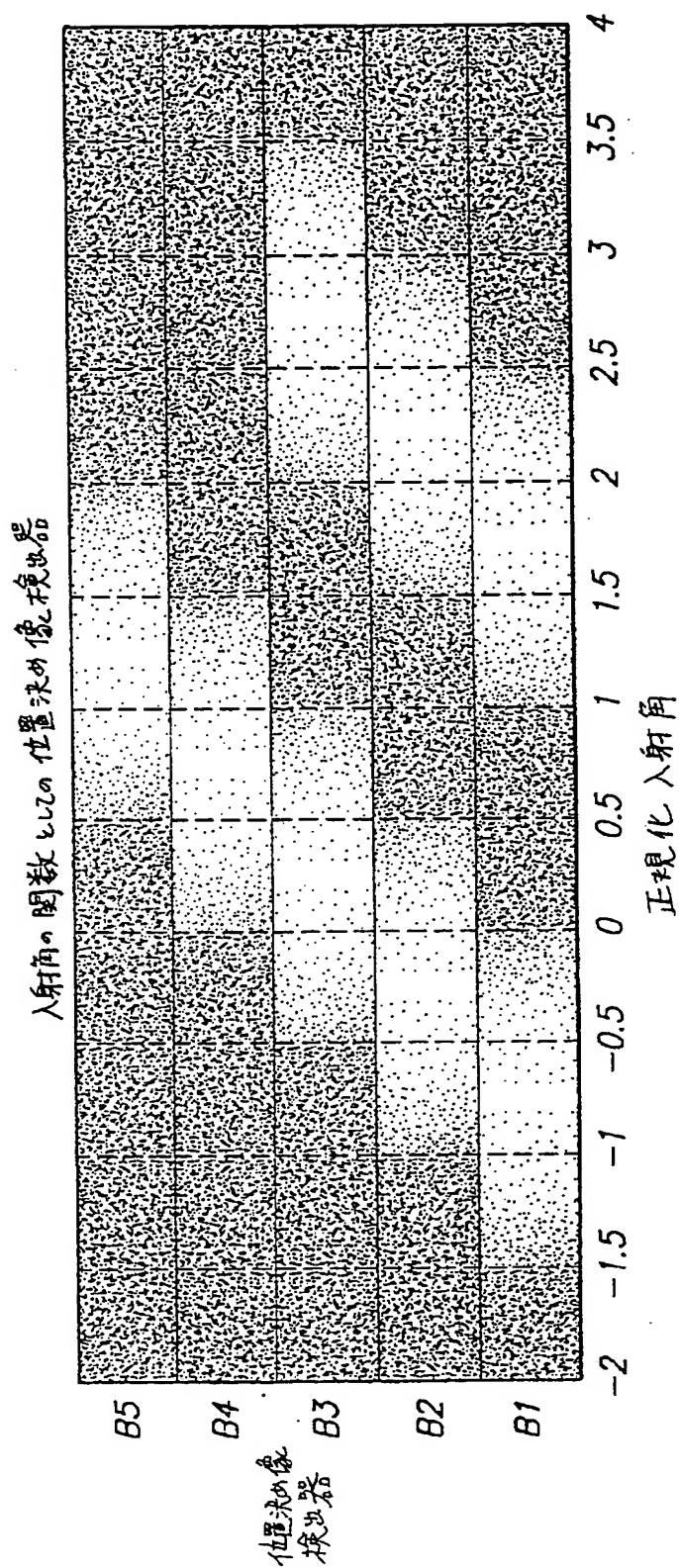


FIG. 9

【図10】

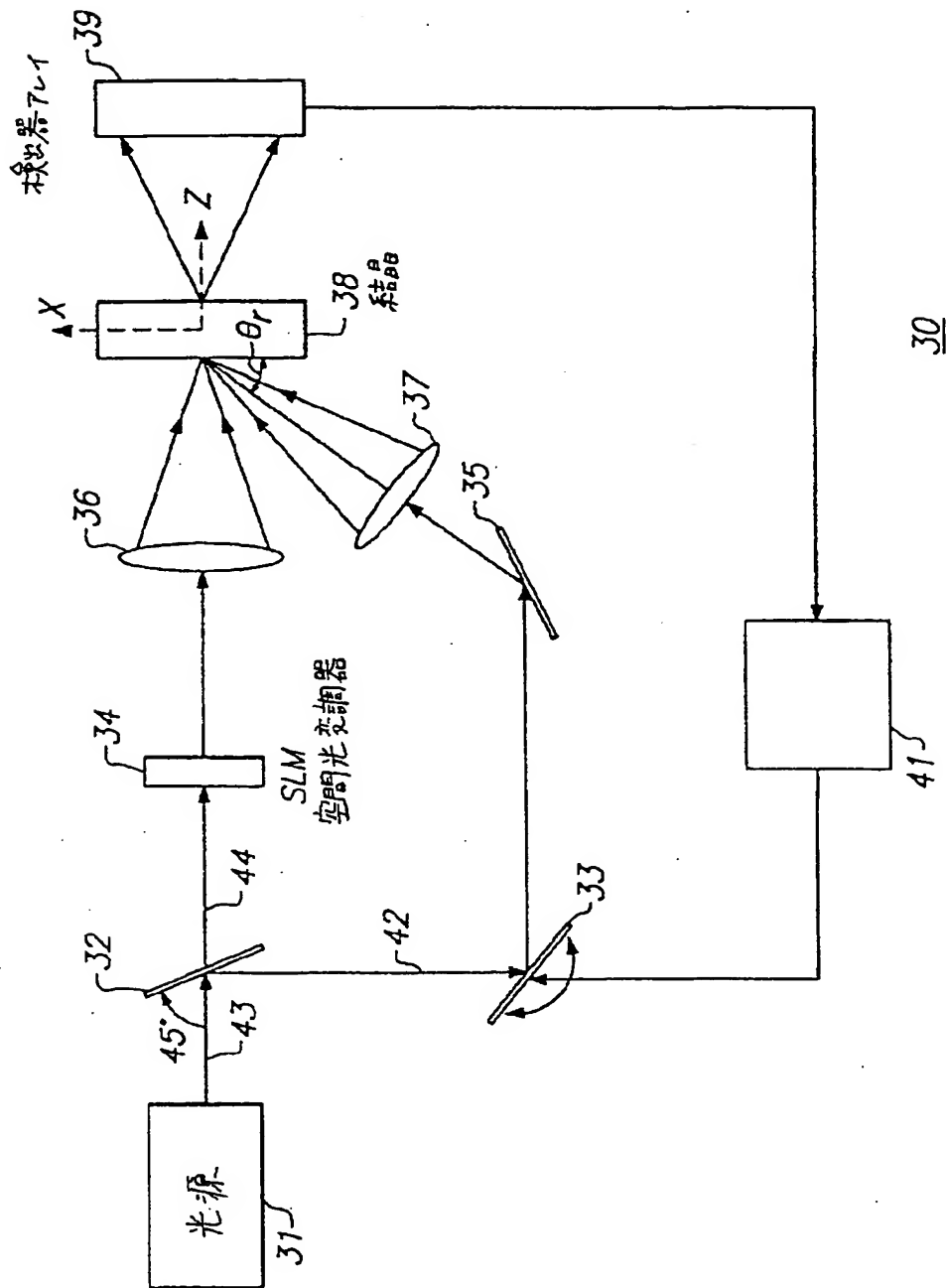


FIG. 10

【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/07780

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(6) : G02B 1/28; G01B 11/00; G11C 13/04; G11B 7/00 US CL : 359/4, 24; 369/103; 365/125; 356/138 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 359/4, 24; 369/103; 365/125; 356/138 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched 359/3, 7, 21, 22, 558; 356/139, 347, 348, 399, 400; 365/124, 125, 216, 234, 235; 369/109 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS diffraction grating, hologram, angle, angular?, align?		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,319,629 A (HENSHAW ET AL) 07 June 1994 (07.06.94), see entire document.	1-29
X	US 3,936,139 A (HUIGNARD ET AL) 03 February 1976 (03.02.76), see entire document.	28
X	US 5,436,867 A (MOK) 25 July 1995 (25.07.95), see entire document.	28
X	US 5,450,218 A (HEANUE ET AL) 12 September 1995 (12.09.95), see entire document.	28
X	US 5,422,873 A (KEWITSCH ET AL) 06 June 1995 (06.06.95), see entire document.	28
X	US 3,847,465 A (MICHERON ET AL) 12 November 1974 (12.11.74), see entire document.	28
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 29 JULY 1997		Date of mailing of the international search report 0 8 AUG 1997
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer JON W. HENRY Telephone No. (703) 305-6106

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/07780

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,483,365 A (PU ET AL) 09 January 1996 (09.01.96), see entire document.	28
X	US 5,416,616 A (JENKINS ET AL) 16 May 1995 (16.05.95), see entire document.	28
X	US 3,847,465 A (MICHERON ET AL) 12 November 1974 (12.11.74), see entire document.	28

フロントページの続き

- (72) 発明者 カーペンター, クリストファー・エム
 アメリカ合衆国、94086 カリフォルニア
 州、サニィベイル、エス・フランシス・
 549
- (72) 発明者 アキン・ジュニア, ウィリアム・アール
 アメリカ合衆国、95037 カリフォルニア
 州、モーガン・ヒル、ブルックビュー・コ
 ート、1045
- (72) 発明者 エアリック, リチャード・エム
 アメリカ合衆国、95070 カリフォルニア
 州、サラトウガ、マリラ・ドライブ、
 12092